第32卷 第1期　　昆 虫 学 报　　Vol.32, No.1
1989 年 2 月　　ACTA ENTOMOLOGICA SINICA　　Feb., 1989

柑桔潜叶蛾自然种群动态及防治策略的研究

黄明度　郑德胜　李树新　麦秀慧　谭文捷
（广东省昆虫研究所，广州）
司 徒 金
（广州市白云农工商公司果树研究所，广州）

摘要　从 1980 年至 1985 年，在广州市郊的柑桔园研究了柑桔潜叶蛾 [*Phyllocnistis citrella* (Staint.)] 自然种群生命表。用 Manly 的关键因子分析法对五个同次世代的生命表材料进行分析，结果表明，影响关键世代种群变动的关键因子是一龄幼虫自然死亡和二龄幼虫捕食。各发育阶段的天敌因子对关键世代种群变动的影响力达 64.6%。据此制定了保护天敌的防治策略，经实践证明，采用此措施可推迟下一代峰期的出现时间，有利于柑桔秋梢在最合适的时间抽放。

关键词　柑桔潜叶蛾　生命表　关键因子　防治策略

柑桔潜叶蛾 [*Phyllocnistis citrella* (Staint.)] 分布于非洲、亚洲和大洋洲的许多国家和地区，为害柑属的植物。Latif 等(1951)用 17 种非柑属植物进行接种试验，除在木桔属的枳 (*Aegle marmelos*) 可完成其个体发育外，在其他 16 种植物上都没有成功。柑桔潜叶蛾的幼虫潜食嫩叶的表皮层，密度大时还为害幼嫩的枝条。被害叶卷曲，影响光合作用，是柑桔新梢期的重要害虫。用于防治的化学农药有拟除虫菊酯类，西维因和杀虫双。目前潜叶蛾已对除虫菊酯类农药产生抗性，且用后柑园的害虫天敌大量死亡，常常引致螨类的暴发为害。广东省近年来采用的控制新梢抽出期以避过潜叶蛾发生高峰期的农业技术措施很有效。但潜叶蛾发生峰期常常受气候、天敌、栽培措施和其他因素的复杂影响，年份间的发生期不一致，因此，人工控制新梢抽放期往往不是栽培上和柑桔生理上要求最佳的时期。从广东的多数产区来看，长势良好的成年柑桔树秋梢抽放期最适是 8 月中旬，过早抽放会在 9—10 月间再抽晚秋梢而消耗养分；若由于要避过在 8 月中旬出现的潜叶蛾高峰期而需推迟抽放时间，则也会由于多次摘(抹)梢而消耗大量养分和劳动力。如果能掌握潜叶蛾数量消长动态，则有可能采取适当措施控制其种群数量变动，推迟其发生高峰期，使柑桔秋梢在 8 月中旬安全抽放。

研究柑桔潜叶蛾的种群动态，了解其发生和发展规律以及影响因素是制定科学防治措施的前提。近年来，国内用生命表方法研究害虫或天敌的种群动态，取得了不少进展，并且通过分析，提出有效的防治措施，取得很好的效果。如庞雄飞等(1981)研究稻纵卷叶

本文于 1986 年 6 月收到。
熊锦君、谭炳林、刘仲敏、丁勇、黎明、陈育汉、陈润田等同志参加部分调查和试验工作。

螟生命表，并用组分分析方法研究了天敌对稻纵卷叶螟的控制作用，制定出行之有效的防治策略，在广东的一些水稻产区取得较大面积的防治效果。我们从 1980 年至 1985 年在广州市白云山农场的甜橙园采用生命表方法研究了柑桔潜叶蛾的自然种群动态，编制了 26 个生命表资料，并据此分析了其关键世代和影响种群变动的关键因子以及制定的防治策略，现将结果报道如下。

一、调 查 方 法

柑桔新梢抽放，在一年中有几次较集中的时期，即春梢、夏梢、秋梢和冬梢。在夏、秋季，由于气温高，雨水充足，往往萌发 2—3 次新梢，故五至九月是潜叶蛾发生的主要时期。在广东的柑桔产区，潜叶蛾冬季的死亡率高，过冬虫源少，柑枯春梢受害轻，可安全抽放。考虑到上述柑桔新梢抽放的特性及潜叶蛾发生的情况，我们从 1980—1985 年用生命表方法每年连续(不重叠)调查了五个世代，即 5 月上旬至 6 月下旬(夏梢)，6 月中至 7 月下(迟夏梢)，7 月下至 8 月下(秋梢)，8 月下至 9 月下(第一次迟秋梢)和 9 月下至 10 月下(第二次迟秋梢)各调查一个世代。这 5 个世代基本可以代表各个时期的潜叶蛾种群变动情况。为方便叙述，我们用 S(summer)、LS(late summer)、A(autumn)、LA_1 (1st late autumn)、LA_2 (2nd late autumn) 依次代表全年主要发生时期的潜叶蛾世代。除 1980 年调查了 S、LS、A 世代和 1985 年调查了 LS、A、LA_1、LA_2 世代外，其余各年都调查了 5 个世代。

调查园的面积为 5 亩，全部为甜橙 (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck)，该园的管理措施与邻近的大面积柑桔园相同，正常施用化学农药防治其他重要害虫。

用下面的方法以取得生命表的基本数据。

卵　潜叶蛾产卵期间，在橙园中标记一定数量的潜叶蛾卵。幼虫孵化后检查记录卵的孵化数、不孵数及失踪的卵数。未发现柑桔潜叶蛾卵期有寄生现象。卵的失踪可能是风雨中枝叶摇曳，叶片之间磨擦造成卵破损或一些细小的捕食性昆虫捕食所致。

幼虫期　幼虫共有 4 个龄期。根据当时的气温情况，定期取样相应龄期幼虫带回室内用双目解剖镜检查存活数及自然死亡数、被寄生数及被捕食数。确定幼虫龄期是将幼虫置于显微镜下用测微尺量其头宽值来鉴别的。确认是当次调查龄期的幼虫后才进行上述各项检查。引致幼虫自然死亡的原因是不良天气，如台风，高温或柑桔叶片在高温、干燥气候条件下失水造成的或是因病致死。我们未发现 1 龄幼虫有寄生现象，故 1 龄幼虫期只有两个致死因子，即自然死亡和捕食。2—4 龄幼虫期的致死因子除自然死亡和捕食外，寄生现象很普遍，尤以 3—4 龄幼虫为甚。幼虫期的寄生蜂有 4 种：*Tetrastichus phyllocnistoides* (Narayanan)、*Tetrastichus* sp.、*Chrysonotomyia* sp.、*Apleurotropis* sp.。在广州地区以 *T. phyllocnistoides* 为优势种，数量较多。捕食性天敌主要是草蛉幼虫和蚂蚁。在柑桔园常见的几种草蛉中，亚非草蛉 (*Chrysopa boninensis* Okamato) 的数量较多。蚂蚁的捕食多见于下半年，上半年的活动较少，可能与多雨的天气不适于其活动有关。被草蛉幼虫捕食致死的潜叶蛾幼虫虫体仍留在坠道内，只是体液被食，虫体下陷。蚂蚁则多数将幼虫从坠道内拖走。

蛹期　幼虫发育至 4 龄时停止潜食，在叶片边缘吐丝将叶缘缀成叶苞包住虫体，起

到较好的保护作用，使捕食性天敌无法捕食。蛹期寄生蜂仍可寄生，蛹期寄生蜂主要是 *Cirrospilus quadristriatus* (S. Rao Ramamani)。蛹死亡数及寄生数的确定是在田间随机取样置于室内保湿发育，成虫羽化后统计羽化数及性比，不羽化的则剥蛹检查其死亡原因。

上述各虫期的调查取样数一般在 200 头以上。由于从卵至蛹期各年龄级的取样数不等于上一年龄级剩余存活数，故用比例换算成上一年龄级剩余存活数相应的理论值。

确定各发育阶段死亡因子作用的先后，是取得正确生命表数据的重要部分，因各致死因子作用后的存活率 (S_i) 是该因子作用后的存活数除以作用前的活虫数。k-值的取得也是如此 ($S_i = -k_i$)。所以这样处理是因为需符合下式：$N_n = N_0P_1P_2\cdots P_n$ 的关系。式中的 N_n 为第 n 个发育阶段的存活数，N_0 为初始种群数量，P_i 为各发育阶段或各致死因子作用后的存活率。自然死亡这一因子的作用多出现在各龄期的最初阶段，我们把它列为幼虫期和蛹期的第一作用因子。捕食在 2—3 龄幼虫多出现在该龄的后阶段，而寄生则较均匀地分布在该年龄级。在这两个龄期中，我们把捕食列为最末的作用因子，进入 4 龄后期，幼虫吐丝把叶缘缀成叶苞包裹虫体，捕食已不可能，故寄生因子排列在捕食因子之后。蛹期则只有两个致死因子，即自然死亡和寄生。

二、结果及分析

1. 关键因子分析

在多种关键因子分析方法中，最为常用的是图解相关分析法，但有时也不能明确地判别出关键因子。作为此法的补充，有多种方法相继提出，如回归分析法、相关分析法等。我们曾用过图解法作为检出柑桔潜叶蛾种群变动关键因子的方法，但对一些世代的分析结果很不明确，很难找出与总 K 波动相似的 k_i 出来。经过对多种方法的尝试，我们选用 Manly 在 1977 年提出的方法。Manly 利用下式并经下面的推导。

$$N_n = N_0P_1P_2\cdots P_n \tag{1}$$

(1) 式两边进行常用对数变换，得：

$$\log N_n = \log N_0 + \log P_1 + \log P_2 + \cdots + \log P_n$$

以 R_n 代替 $\log N_n$，S_i 代替 $\log P_i$，

$$R_n = R_0 + S_1 + S_2 + \cdots + S_n, \tag{2}$$

(2) 式与 $K = k_1 + k_2 + \cdots + k_n$ 的型式相同 ($S_i = -k_i$)。(2) 式的符号可简化，以 S_0 代替 R_0。

$$R_j = S_0 + S_1 + S_2 + \cdots + S_j \tag{3}$$

考虑到密度制约作用，有下式的关系：

$$S_j = a_j + \beta_j R_{j-1} + e_j \tag{4}$$

(4) 式是一元线性回归实测值模型。其中，α 和 β 是常数，e 为残差，是一随机变量。

又因：

$$R_j = R_{j-1} + S_j \tag{5}$$

将(4)式代入(5)式，得：

$$R_j = \alpha_j + (1 + \beta_j)R_{j-1} + e_j \tag{6}$$

将(6)式两边方差，得：

$$\mathrm{Var}(R_j) = (1 + \beta_j)^2\mathrm{Var}(R_{j-1}) + \mathrm{Var}(e_j) \tag{7}$$

对(7)式递推，得：

$$\begin{aligned}\mathrm{Var}(R_n) = &(1 + \beta_n)^2(1 + \beta_{n-1})^2\cdots(1 + \beta_1)^2\mathrm{Var}(S_0) \\ &+ (1 + \beta_n)^2(1 + \beta_{n-1})^2\cdots(1 + \beta_2)^2\mathrm{Var}(e_1) \\ &+ \cdots + (1 + \beta_n)^2\mathrm{Var}(e_{n-1}) + \mathrm{Var}(e_n)\end{aligned} \tag{8}$$

(8) 式右边的各项，可用下式求解。

$$\beta_j = \mathrm{Cov}(S_j, R_{j-1})/\mathrm{Var}(R_{j-1}) \tag{9}$$

$$\mathrm{Cov}(S_j,\ R_{j-1}) = \sum_{i=0}^{j-1} \mathrm{Cov}(S_j, S_i) \tag{10}$$

$$\mathrm{Var}(R_{j-1}) = \sum_{i=0}^{j-1}\sum_{t=0}^{j-1} \mathrm{Cov}(S_i, S_t) \tag{11}$$

$$\mathrm{Var}(e_j) = \mathrm{Var}(S_j) - \beta_j^2\mathrm{Var}(R_{j-1}) \tag{12}$$

由(8)式可知，世代种群变动程度受初始种群的大小、各发育阶段存活率的变异程度及其密度制约作用的影响。式中各项的计算，都有相应发育阶段存活率或诸因子作用后存活率的方差及它们的协方差参与。这就考虑到诸因子的各自作用和它们的相互协同作用。因此，利用(8)式判别出引致种群变动的关键因子是合理的。

我们考虑到昆虫生命表研究中的初始种群 (N_0)——卵的数量是随调查的需要和取样的条件而定，不同于 Manly 提出的算式中一定空间内的初始种群数量。在此情况下，若将 N_0 参与进去，将会导致结果不真实。我们认为，可改用下式代替(1)式推导。

$$N_{n+1} = N_0S_1S_2\cdots S_nFP_FP_♀$$

移项：$N_{n+1}/N_0 = S_1S_2\cdots S_nFP_FP_♀$

因为：$N_{n+1}/N_0 = I$（种群趋势指数），上式可写成：

$$I = S_1S_2\cdots S_nFP_FP_♀$$

按照前面的步骤对上式进行推导，得：

$$\begin{aligned}\mathrm{Var}(I) = &(1 + \beta_n)^2(1 + \beta_{n-1})^2\cdots(1 + \beta_1)^2\mathrm{Var}(S_1) \\ &+ (1 + \beta_n)^2(1 + \beta_{n-1})^2\cdots(1 + \beta_2)^2\mathrm{Var}(e_1) \\ &+ \cdots + (1 + \beta_n)^2\mathrm{Var}(e_{n-1}) + \mathrm{Var}(e_n)\end{aligned} \tag{8'}$$

上式的含义是，种群消长趋势变化程度受诸致死因子作用后存活率的变异大小及种群生殖力的影响。这样，(8)式中的 S_0 应为 S_1，其余的 S_i 则类推。$F \cdot P_F \cdot P_♀$ 可视为单一的作用因子，即种群生殖力。

下面我们用 Manly 的方法对 LS 世代进行详细分析。所以选择这个世代是由于在季节数量变动中，这个世代不仅是关键世代（关键世代的检出方法列后），而且还由于这个世代种群的变化程度直接影响到下一代，即柑桔秋梢期发生的 A 世代的种群大小和柑桔被害轻重。现把 1980—1985 年 LS 世代生命表中各期存活率列成表 1。

对表1的诸存活率计算其方差和协方差。结果列成表 2。

表 1 柑桔潜叶蛾 1980—1985 年 LS 世代生命表

虫期		致死因子	各致死因子作用后存活率 $S(\%)$						
			符号	1980 年	1981 年	1982 年	1983 年	1984 年	1985 年
卵		不孵	S_1	96.098	90.741	97.203	100.000	98.312	87.755
		失踪	S_2	88.832	88.792	93.525	89.831	92.275	88.372
幼虫	一龄	自然死亡	S_3	95.943	85.364	67.440	53.660	80.809	86.204
		捕食	S_4	96.188	89.526	93.105	95.453	98.751	96.000
	二龄	自然死亡	S_5	74.334	74.214	64.811	69.485	88.460	83.981
		寄生	S_6	77.543	99.149	37.140	63.421	98.550	95.371
		捕食	S_7	67.741	82.049	76.736	23.095	88.233	81.816
	三龄	自然死亡	S_8	70.948	80.432	63.103	80.601	93.459	86.680
		寄生	S_9	73.830	30.410	24.532	77.930	67.857	54.514
		捕食	S_{10}	55.528	77.800	100.000	16.854	39.471	65.186
	四龄	自然死亡	S_{11}	91.004	81.361	92.631	84.957	94.119	95.274
		捕食	S_{12}	81.676	83.333	94.311	52.978	97.327	97.272
		寄生	S_{13}	89.963	34.903	74.693	44.487	76.175	77.986
蛹		自然死亡	S_{14}	80.886	87.390	78.726	83.761	88.532	95.313
		寄生	S_{15}	43.205	70.352	35.780	88.776	49.411	98.056
指定的标准卵量×达标准卵量百分率×雌性比 ($F \cdot P_F \cdot P_♀$)			S_{16}	15.00	12.70	16.00	14.00	14.22	15.00

用表 2 的数据并对(9)、(10)、(11)、(12)及(8′)式编程用微电脑进行计算，结果得：

$$
\begin{aligned}
\mathrm{Var}(I) &= 0.06272 + 0.00517 + 0.70683 + 0.02486 \\
&+ 0.11275 + 0.26174 + 0.32139 + 0.02171 \\
&+ 0.31184 + 0.52202 + 0.00413 + 0.02016 \\
&+ 0.08827 + 0.00292 + 0.13464 + 0.00516 \\
&= 2.60638
\end{aligned}
$$

上式的结果以百分率表示：

$$
\begin{aligned}
\mathrm{Var}(I) &= 2.4\% + 0.2\% + 27.0\% + 1.0\% + 4.3\% \\
&+ 10.0\% + 12.3\% + 0.8\% + 12.0\% \\
&+ 20.\% + 0.2\% + 0.8\% + 3.4\% \\
&+ 0.1\% + 5.2\% + 0.2\%
\end{aligned}
$$

从上结果可知，S_3（一龄幼虫自然死亡）、S_{10}（三龄幼虫捕食）、S_7（二龄幼虫捕食）和 S_9（三龄幼虫寄生）为 Var(I) 的重要构成部分，它们分别占 Var(I) 值的 27.0%、20.0%、12.3% 和 12.0%。其他属于天敌因子的还有 S_4（一龄幼虫捕食）、S_6（二龄幼虫寄生）、S_{12}（四龄幼虫捕食）、S_{13}（四龄幼虫寄生）和 S_{15}（蛹寄生）。全部天敌因子构成 Var(I) 值的百分比是：

$$
\begin{aligned}
&S_4 + S_6 + S_7 + S_9 + S_{10} + S_{12} + S_{13} + S_{15} \\
&= 0.95\% + 10\% + 12.3\% + 12\% + 20\%
\end{aligned}
$$

表 2　柑桔潜叶蛾 LS 世代各存活率对数值的方差及协方差

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}	S_{16}
S_1	.00214															
S_2	.00059	.00045														
S_3	−.00518	−.00159	.03701													
S_4	.00052	.00011	.00009	.00094												
S_5	−.0017	−.00055	.01078	.00179	.01119											
S_6	−.00782	−.00473	.03834	.0017	.03078	.12217										
S_7	−.01122	.00137	.0709	−.00125	.02146	.04359	.21666									
S_8	−.00131	−.00082	.00321	.0016	.01174	.03731	.00234	.01657								
S_9	.00621	−.00344	−.00113	.01058	.02198	.06747	−.09391	.02958	.20041							
S_{10}	−.01466	.00168	.06471	−.00835	−.00565	−.02957	.22302	−.03251	−.20073	.33169						
S_{11}	−.00009	.00042	.00293	.00126	.00251	−.00211	.01133	.00034	.00448	.00737	.00327					
S_{12}	−.00461	.00117	.02794	.00044	.01001	.01126	.09517	.00091	−.03935	.09695	.00751	.04477				
S_{13}	.00113	.00189	.02563	.00732	.01004	−.01854	.06208	−.00708	.03875	.04743	.01819	.03899	.11788			
S_{14}	−.00201	−.00064	.00372	.00034	.00531	.01689	.00767	.00674	.0062	−.00178	.00062	.00374	−.00163	.00396		
S_{15}	−.00808	−.00538	−.01378	−.00061	.01171	.06601	−.069	.02918	.05303	−.09539	−.00632	−.0315	−.06123	.01715	13881	
S_{16}	.00059	.00069	−.00063	.00094	−.00165	−.01609	.00413	−.00485	−.00162	.01092	.00326	.00491	.02047	−.00153	−.01274	.00518

$$+ 0.8\% + 3.4\% + 5.2\%$$
$$= 64.6\%$$

如果令各天敌因子作用为常量(其作用后的潜叶蛾存活率在年分间无变动)，这样它们的方差和协方差都为零，β_j 和 Var (e_j) 也为零，然后据(8′)式可算出在无天敌因子参与下的 Var(I) 值。计算结果，Var$(I) = 0.09074$，即天敌因子参与下的 Var (I) 值 $(= 2.60638)$ 为无天敌因子参与的 Var(I) 值的 28.7 倍。或者说，在无天敌因子作用时，Var(I) 值的变动将为：

$$(2.60638 - 0.09074)/2.60638 = 96.5\%$$

从上面的分析，足见天敌因子对柑桔潜叶蛾 LS 世代种群变动的重要作用。虽然 S_3(一龄幼虫自然死亡)作为单个因子的影响力最大，但各发育阶段自然死亡因子作用的总和只有：$S_3 + S_5 + S_8 + S_{11} + S_{14} = 32.4\%$。总的看来，天敌因子对关键世代种群变动的作用还是主要的。

用上法对 S，A，LA_1，LA_2 世代进行关键因子分析，结果列成表 3。

表 3 柑桔潜叶蛾 S，A，LA_1，LA_2 世代各致死因子对 Var(I) 值的比值(%)

致死因子			符号	世代			
				S	A	LA_1	LA_2
卵	不 孵		S_1	0.34342 (44.8%)	0.01073 (3.5%)	0.05344 (9.1%)	0.01284 (1.3%)
	失 踪		S_2	0.07316 (9.5%)	0.01367 (4.4%)	0.02402 (4.1%)	0.008499(0.9%)
幼虫	一龄	自然死亡	S_3	0.04382 (5.7%)	0.03127 (10.1%)	0.30473 (51.6%)	0.23284(24.4%)
		捕 食	S_4	0.02724 (3.5%)	0.00285 (0.9%)	0.00096 (0.2%)	0.01137(1.0%)
	二龄	自然死亡	S_5	0.03369 (4.4%)	0.0365 (11.8%)	0.06167 (10.4%)	0.25211(26.4%)
		寄 生	S_6	0.04553 (5.9%)	0.02976 (9.6%)	0.00314 (0.5%)	0.02677(2.8%)
		捕 食	S_7	0.05726 (7.5%)	0.0029 (0.9%)	0.01001 (1.7%)	0.00905(0.9%)
	三龄	自然死亡	S_8	0.02853 (3.7%)	0.00695 (2.2%)	0.00667 (1%)	0.01741(1.8%)
		寄 生	S_9	0.04549 (5.9%)	0.0173 (5.6%)	0.07177 (12.2%)	0.02006(2.0%)
		捕 食	S_{10}	0.00282 (0.4%)	0.03551 (11.5%)	0.02497 (4.2%)	0.01334(1.4%)
	四龄	自然死亡	S_{11}	0.00532 (0.7%)	0.00057 (0.2%)	0.00449 (0.8%)	0.27118(28.4%)
		捕 食	S_{12}	0.00239 (0.3%)	0.00066 (2.1%)	0.0016 (0.3%)	0.00141(1.5%)
		寄 生	S_{13}	0.02425 (3.2%)	0.10631 (34.3%)	0.01071 (1.8%)	0.04264(4.5%)
蛹	自然死亡		S_{14}	0.00184 (0.2%)	0.0082 (2.6%)	0.00396 (0.7%)	0.01736(1.8%)
	寄 生		S_{15}	0.02559(3.3%)	0.00122 (0.4%)	0.00271 (0.5%)	0.00499(5.2%)
种群生殖力			S_{16}	0.00698 (0.9%)	0.00551 (1.8%)	0.00529 (0.9%)	0.01262(1.3%)
总 和			Var(I)	0.76741	0.30999	0.5902	0.95448

从上面对五个世代的分析结果来看，除 S 世代的关键因子落在卵期外，其余四个世代中的 LS 和 A 世代的种群变动主要是受天敌因子的作用(占 Var (I) 值的 64.6% 和 75.3%)；LA_1 和 LA_2 世代则主要是自然死亡因子(主要是不良天气)的作用(占 Var(I)值的 64.5% 和 82.9%)。这是因为 LA_1，LA_2 世代所处的 8 月下旬至 10 月下旬期间，往往由于气温高，大气相对湿度较低，柑桔嫩叶的蒸腾作用大，叶片含水量不能满足幼虫生长

发育的需求，容易造成幼虫死亡。

2. 关键世代的防治策略

关键世代的检出是通过检出年周期季节数量变动中的主要 I 值实现的。(1)式的形式可适用于多化性昆虫季节数量变动的各 I 值之间的关系，即：

$$N_i = N_1 I_1 \cdot I_2 \cdots\cdots I_{i-1}$$

此式的含义是，末代的种群数量是第 1 代初始种群数量与各世代 I 值的乘积。对上式移项，

$$\frac{N_i}{N_1} = I_1 \cdot I_2 \cdots I_{i-1}$$

对式的两边进行对数变换，得：

$$\log\left(\frac{N_i}{N_1}\right) = \log I_1 + \log I_2 + \cdots + \log I_{i-1}$$

尹汝湛(1980)认为，要鉴别那一个 I 值影响 $\left(\frac{N_i}{N_1}\right)$ 这个比值最大，完全可以采用 k-值图解法来实现，因为 $\log\left(\frac{N_i}{N_1}\right)$ 相当于 K，各世代的 $\log I$ 值相当于各 k-值。同样的理由，我们认为也完全可以用(8)式来实现。计算结果如下：

$$\mathrm{Var}\left(\frac{N_i}{N_1}\right) = 2.1534 + 3.73732 + 0.74728 + 0.97393 + 0.56879 = 8.18075$$

以百分率表示：

$$\mathrm{Var}\left(\frac{N_i}{N_1}\right) = 26.3\% + 45.7\% + 9.0\% + 12.0\% + 7.0\%$$

由结果可见，影响柑桔潜叶蛾冬代(11—12 月世代)与 S 世代种群数量比值最关键的 I 值为 I_{LS} (45.7%)。即 LS 世代是年周期季节数量变动中的关键世代，其次为 S 世代(26.3%)。关键世代的检出，对柑桔潜叶蛾全年防治重点策略的制定是很重要的。

根据对关键世代种群数量变动因子的分析，我们有理由认为保护天敌是控制关键世代种群数量的重要措施。保护天敌的措施是尽可能减少该时期化学农药的使用和保留田间少量潜叶蛾幼虫作为天敌的寄主食料以维持天敌种群的稳定。每年 5—7 月间，柑桔园发生的主要害虫有桔锈螨，桔全爪螨以及柑桔木虱。对于前两种应做好查虫工作，抓挑治，避免造成全面发生时进行大范围喷药防治。同时，在果园种植藿香蓟，改善柑园生态条件，以利害螨的天敌——捕食螨的生存繁殖。对于柑桔木虱，要掌握在春梢抽放前对越冬后成虫的防治及第一代初龄若虫的防治。根据这样的策略，我们于 1985 年在广州白云山农场元下田作业区的两个生产队橙园进行对比观察。这两个生产队的甜橙面积各为 100 多亩，相距约 1,000 公尺。多年来，第三生产队施用农药的次数和种类都比第二队要多。1985 年的 5—7 月用水胺硫磷、乐果、克螨特等农药防治桔锈螨、柑桔木虱和桔全爪螨共 11 次，而第二生产队在同期用乐果、敌敌畏和三氯杀螨醇防治柑桔木虱和桔锈螨共用药 5 次。我们从 7 月份起在两个生产队的橙园调查潜叶蛾的密度，每 10 天一次。结果第三

生产队橙园潜叶蛾密度在8月中旬开始提高，8月20日卵密度为平均每叶0.23粒，以后经施药4次，虽控制了数量的上升，但一直至9月20日仍维持大致相同的密度水平。而第二生产队橙园潜叶蛾密度从7月下旬开始至8月底为平均每叶0.006—0.05。其数量上升的时间在9月上旬，比第三生产队推迟15天。该年第二生产队的柑橙秋梢全部不需施药保护，安全在8月中旬抽放。上述情况说明，少施药，保护天敌是控制桔柑潜叶蛾迟夏梢世代种群数量，推迟秋梢世代峰期的有效措施。近年来，我们在农场的柑桔园内，采用上述措施，取得防治柑桔潜叶蛾的良好效果。

三、讨 论

1. Manly 的关键因子分析法主要优点有二，一是对每一个因子的作用大小作出量的表达，便于对某一类因子总的作用作出评价。其二是分析所用的基本数据是诸因子作用后存活率的方差及协方差，能比较充分考虑到诸因子的各自作用及相互协同作用，分析的结果是比较合理可靠的。

在微电脑逐渐普及应用的今天，此法的计算过程并不繁复，对多个世代资料的分析，时内可达，比之 Varley 和 Gradwell 的图解法快捷得多，有推荐的价值。

2. 通过本文对柑桔潜叶蛾自然种群动态分析，对过去所忽视的天敌因子作出较为客观的评价。根据分析，天敌因子是影响柑桔潜叶蛾迟夏梢及秋梢世代种群变动的关键因子，气候因子则在迟秋梢世代以后发挥了关键作用，这与一些作者认为在年周期季节数量变动中，气候因子始终都起到关键作用的观点是不同的。这一分析结果对制定防治策略有重要意义。

参 考 文 献

广东佛山市果品副食公司 1977 防治柑桔潜叶蛾的经验。果树通讯 1: 40。
尹汝湛 1980 昆虫生命表的制作与分析。植物保护 6(1): 31—8,6(2): 31—7。
庞雄飞、侯玉环等 1981 稻纵卷叶螟防治策略的探讨(一)。华南农学院学报 2(4): 71—84。
陈润田、陈育汉、黄明度 1987 亚非草蛉的生物学及其对柑桔潜叶蛾幼虫的捕食效应研究。生态学报 7(1): 57—64。
凌宏琮、李菊招 1980 柑桔潜叶蛾的盛衰变化规律及在防治上的运用。中国柑桔 4: 33—8。
Latif L. C. A. et al 1951 Food-plants of citrus leaf miner (*Phyllocnistis citrella*) in the Punjab. *Bull. Ent. Res.* **42**:311—6.
Manly B. F. J. 1977 The determination of key factors from life table data. *Oecologia* **31**: 111—7.

STUDIES ON POPULATION DYNAMICS AND CONTROL STRATEGY OF THE CITRUS LEAF MINER

HUANG MING-DU　CHENG DA-XING　LI SHU-XIN　MAI XIU-HUI　TAN WEN-CHIEN

(Guangdong Entomological Institute, Guangzhou)

SZETU JIN

(Bai Yin Farm, Guangzhou)

The life tables of natural populations of the citru leaf miner, ***Phyllocnistis citrella*** Stn., were studied in Guangzhou suburbs from 1980 to 1985. The analytic method proposed by Manly (1977) was chosen for detecting the key factor causing population change for each of the five generations investigated in each year. The result shows that important sources of variation in population of the key generation (late summer generation) are the weather and disease in the period of the first larval instar, the predators and parasites in the period of the third larval instar and predators in the period of the second larval instar, where these account for 27.0%, 32.0% and 12.3% respectively of var (I). The proportion of the affecting power of all predators and parasites to the value of var(I) is 64.6%. The variances and covariances should be equal to zero if the affecting power of predators and parasites are made constant; the result of doing this shows that the change in var(I) is 96.5%. This result confirms the fact that predators and parasites are the important factors for the population dynamics of the key generation. According to the analysis, a control strategy is made for that generation.

Predators and parasites are also key factors for the autumn generation. In contrast, the key factor in the first and second late autumn generations is weather.

Key words: *Phyllocnistis citrella* ——life table——key factor——control strategy